

Japan Patent Office (JP)

L.S.# 271

## Public Report of Opening of the Patent

Opening No. of patent: H 4-44366

Date of Opening: July 21, 1992

Int.Cl.	Distinguishing mark	Adjustment	No. in office	FI
H 01 B 13/00	501	H	7244-5G	
B 21 C 23/26			7128-4E	
B 22 D 11/10	330		8823-4E	
B 32 B 15/14			7148-4F	
B 32 B 9/00			7639-4F	
H 21 B 5/02		A	7244-5G	

Number of invention: 1

-----

Name of invention: manufacturing method for carbon fiber composite electric cable

Application No. of the patent: S 59-126654

Date of application: June 20, 1984

Opening NO. S 61-7506

Date of opening: Jan. 14, 1986

Inventor: Masataka Mochizuki

Fujikura Densen (Electric Wire) K.K., 5-1 1-chome Koba Eto-ku, Tokyo

Inventor: Tsuneaki Mawatari

Fujikura Densen (Electric Wire) K.K., 5-1 1-chome Koba Eto-ku, Tokyo

Inventor: Michio Takaoka

Fujikura Densen (Electric Wire) K.K., 5-1 1-chome Koba Eto-ku, Tokyo

Inventor: Seiichi Kagatani

Fujikura Densen (Electric Wire) K.K., 5-1 1-chome Koba Eto-ku, Tokyo

Applicant: Fujikura Densen (Electric Wire) K.K., 5-1 1-chome Koba Eto-ku, Tokyo

Assigned Representative: Takehisa Toyoda, Patent Attorney

Judge: Tetsuji Tsuji

Reference: Japan patent No. S 49-27882 (JP, A), Japan patent No. S 50-59784 (JP, A)

Japan patent No. S 49-127851 (JP, A), Japan utility idea NO. S 53-158891 (JP, U)

## Detailed Report

### Sphere of application of patent

(requested clause 1)

It is regarding a manufacturing method for carbon fiber composite electric cable which has the following characteristics: A core wire consisting of carbon fiber is continuously immersed in a molten metal conductor, and the molten metal is attached around the core wire. Next, after the metal is cooled and solidified, it is pulled through a die. A carbon fiber composite conductor with 21 volume % or more carbon fiber is obtained.

### Detailed explanation of the invention

(field of industrial use)

This invention is power distribution line materials, especially, a manufacturing method for overhead power lines, or wire used as trolley cable.

It is well known that cables for power distribution must have certain properties such as high conductivity, high tensile strength, small co-efficient of linear expansion, and light weight. Formerly, various kinds of electric wire or cable for this application have been suggested. One examples is a composite conductor represented by alumoweld wire (AW) or aluminum coated steel wire. AW is made by compressing and sintering Al powder on steel wire and stretches it to a predetermine size to make rough pulling wire. Also, aluminum coated steel wire is made by extruding aluminum around steel wire which is simultaneously pulled through a die. The steel wire and Al are bonded by friction-pressure bonding.

In these composite conductors, since tensile strength of steel is high and conductivity of Al is high, the tensile strength and conductivity can be increased as a whole. However, steel wire is heavy per unit length and also has a big co-efficient of linear expansion. Therefore, it has problem with sagging when it is used as an overhead power line or trolley cable, which causes increases costs.

The object of this invention is to offer a method for obtaining a composite conductor which is superior in both tensile strength and conductivity and also is lightweight and has a small co-efficient of linear expansion.

(steps for solving problems)

In order to attain the object, this invention offers a manufacturing method for a carbon fiber composite electric cable which has the following characteristics: A core wire consisting of carbon fiber is continuously immersed in a molten metal conductor, and the molten metal is attached around the core wire. Next, after the metal is cooled and solidified, it is pulled through a die. A carbon fiber composite conductor with 21 volume % or more carbon fiber is obtained.

(function)

The carbon fiber composite wire obtained according to the method of this invention will consist of a layer of good conductor metal around a core that consists of carbon fiber. At this point, since carbon fiber has high tensile strength, high tensile strength can be also obtained for the whole composite wire. Also, since carbon fiber has a small co-efficient of linear expansion, the overall co-efficient of linear expansion can be also small. By setting the Vf of carbon fiber to at least 21 %, the co-efficient of linear expansion can be made smaller than that of alumoweld wire. Also, since carbon fiber is light weight, the composite wire can be lighter also.

Also, in the manufacturing method of this invention, not only is molten conductor metal attached and solidified on a carbon fiber core, but the composite wire is pulled through a die after solidification. By pulling the wire, work hardening occurs in the conductive layer on the surface, and strength can be improved. The pulling process also eliminates space between the conductor layer and core wire so a good bond is formed, and the conductor metal fills the fine depressions in the surface of the core wire. As a result, the conductor layer and core wire are bonded strongly, and strength as a whole will be improved.

example of practice

In figure 1, one example of the carbon fiber composite electric cable 1 obtained by the method of this invention is shown. This carbon fiber composite electric wire 1 has a conductor layer 3 formed around a core 2 that consists of carbon fiber. At this point, the carbon fiber which constitutes the core 2 is a bundle of many long fibers somewhere between 1 and 10  $\mu\text{m}$  in diameter. The conductor layer 3 consists of a good metal conductor, and various kinds of metal can be used depending on each application. For instance, the conductor layer 3 can be aluminum, copper, or steel. Regarding the Vf of the core 2 and conductor layer 3, as general tendency, when the Vf of the core 2 is increased, tensile strength is increased, at the same time, weight is decreased and the co-efficient of linear expansion becomes smaller. On the contrary, if the Vf of the conductor layer 3 is increased, conductivity will be increased.

Next, we are going to explain specifically the case when carbon fiber composite conductive electric wire 1 which uses aluminum as the conductor layer replaces alumoweld wire. The relationship between tensile strength and co-efficient of linear expansion of the carbon fiber composite electric wire 1 and the carbon fiber is shown in figure 2. First, regarding the tensile strength, if the amount of carbon fiber exceeds 61 %, the tensile strength becomes bigger than that of alumoweld wire. Regarding the co-efficient of linear expansion, if the amount of carbon fiber exceeds 21 %, it will be smaller than the co-efficient of linear expansion of alumoweld wire. Accordingly, in order to reduce sagging at high temperature especially for overhead power lines or trolley cables, it is necessary to have at least 21% carbon fiber.

Table 1 below compares the properties of carbon fiber composite wire which has 75% carbon fiber (8  $\mu\text{m}$  x 61900) and 25% aluminum conductor, alumoweld wire which has a 0.16 mm thick aluminum layer on 1.98 mm diameter steel wire, and hard 2.3 mm diameter aluminum wire.

table 1

	tensile strength (kg)	weight (kg/km)	CTE ( $\times 10^{-6}$ )
This invention	704	8.5	2.3
Alumoweld	569	27.38	13.2
Hard Aluminum	78.9	11.22	24

As shown in table 1, in the carbon fiber-aluminum composite wire with 75 % of carbon fiber, tensile strength was increased 1.24 times compared to alumoweld wire, , weight dropped 31 %, and the co-efficient of linear expansion dropped 17 %.

Next, the manufacturing method of the carbon fiber composite electric wire 1 of this invention is shown in figure 3. As shown in figure 3, the core 2 consisting of bundles of carbon fiber is continuously immersed in molten metal in a tub 5. Carbon fiber is supplied by a sending device 4 from the top side. The molten metal 6 which is a good conductor in the tub 5 is attached to the core 2. Next, the core 2 with the molten metal 6 is pulled out continuously from the bottom of the tub 5, and the melted metal 6 is cooled and solidified on a cooling belt 7. Next, it is pulled through a die 8, and it is finished to a predetermined size by the drawing process. The drawing process work hardens the conductor layer 3, and a bonding between the core 2 and the conductor layer 3 is improved.

This invention can also be used to make carbon fiber-copper composite electric wire by forming a conductor layer 3 from copper. By forming the conductor layer 3 from steel, it can also be used to make carbon fiber-steel composite wire. Various characteristics of these composite electric wires are shown in table 2 in comparison with former wires.

table 2

	tensile strength (kg)	Weight (kg/km)	CTE ( $\times 10^{-6}$ )
hard copper	185	36.9	16.5
30% Vf Carbon fiber in 70% copper matrix	403	28.3	8.98
Hard copper trolley cable with groove (150mm <sup>2</sup> )	5240	1340	16.5
20% Vf Carbon fiber in 80% copper matrix trolley cable	11950	1130	11.1
hard steel	519	32	12
70% Vf Carbon fiber in 30% copper matrix	794	1701	3.4

As shown in table 2, various properties such as tensile strength, weight, or co-efficient of linear expansion are extremely good for the carbon fiber composite electric wire obtained according to method of this invention.

(effects of this invention)

As is obvious from the above explanation, the carbon fiber composite wire obtained according to method of this invention consists of a good conductor metal formed around a core that consists of carbon fiber. Since the Vf of carbon fiber is 21 % or higher, its co-efficient of linear expansion is small. Accordingly, when it is used as overhead power line or trolley cable, it can reduce sagging at high temperature. Also, since carbon fiber is light weight, the composite wire can be lighter and it is superior in tensile strength. Also, according to manufacturing method of this invention, not only is the conductor metal attached and solidified on the carbon fiber core by a simple process, but the drawing process is performed after solidification. The drawing process eliminates space between the conductor layer and the core, and the conductor metal fills the fine depressions in the surface of the core. As a result, the conductor layer and core are bonded strongly, and this will increase strength of the composite structure.

(simple explanation of figures)

Figure 1 shows one example of the composite electric wire obtained by the method of this invention; figure 2 shows the relationship between Vf carbon fiber, tensile-strength, and co-efficient of linear expansion; figure 3 shows the manufacturing method of this invention.

explanation of numbers in figures

1: carbon fiber composite wire, 2: core, 3: conductor layer

## ⑫ 特 許 公 報 (B 2)

平4-44366

⑤ Int. Cl. 9

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公告 平成4年(1992)7月21日

H 01 B	13/00	5 0 1	H	7244-5G
B 21 C	23/26			7128-4E
B 22 D	11/10	3 3 0		8823-4E
B 32 B	15/14			7148-4F
// B 32 B	9/00			7639-4F
H 01 B	5/02		A	7244-5G

発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 炭素繊維複合電線の製造方法

⑯ 特 願 昭59-126654

⑰ 公 開 昭61-7506

⑱ 出 願 昭59(1984)6月20日

⑲ 昭61(1986)1月14日

⑲ 発 明 者 望 月 正 孝 東京都江東区木場1丁目5番1号 藤倉電線株式会社内  
 ⑲ 発 明 者 馬 渡 恒 明 東京都江東区木場1丁目5番1号 藤倉電線株式会社内  
 ⑲ 発 明 者 高 岡 道 雄 東京都江東区木場1丁目5番1号 藤倉電線株式会社内  
 ⑲ 発 明 者 加 賀 谷 誠 一 東京都品川区西五反田2丁目11番20号 (五反田藤倉ビル)  
 藤倉電線株式会社本社事務所内

⑲ 出 願 人 藤倉電線株式会社 東京都江東区木場1丁目5番1号

⑲ 代 理 人 弁理士 豊田 武久 外1名

審 査 官 辻 徹 二

⑲ 参 考 文 献 特開 昭49-27882 (JP, A) 特開 昭50-59784 (JP, A)  
 特開 昭49-127851 (JP, A) 実開 昭53-158891 (JP, U)

1

2

## ⑲ 特許請求の範囲

1 炭素繊維からなる心線を、良導体金属からなる熔融金属中に連続的に浸漬させてその熔融金属を心線の外周上に付着させ、続いて心線外周上の熔融金属を冷却凝固させた後、引抜きダイスに通して引抜き加工を施し、これにより断面積比で炭素繊維が21%以上を占める炭素繊維複合導電線を得ることを特徴とする炭素繊維複合導電線の製造方法。

## 発明の詳細な説明

## 産業上の利用分野

この発明は、送配電のために使用する線材、特に架空線もしくはトロリー線として使用される導電線の製造方法に関するものである。

## 従来の技術および問題点

送配電の用途に供される線材としては、導電率が高いこと、引張強度が高いこと、線膨張係数が小さいこと、軽量であること等の各種の特性が要求されることは周知の通りであり、従来、これらの要求に沿うべく各種の電線・ケーブルが提案さ

れている。その例としてアルモウエルド線(AW)やアルミ被鋼線で代表される複合導電線が知られている。AWは、鋼線の上にAl粉末を圧縮焼結して荒引線を作り、これを伸線して所定の寸法に仕上げたものであり、またアルミ被鋼線は鋼線の周囲にAlを押し出ししながら鋼線に張力を加えてダイス中を引き出し、鋼線とAlとを摩擦圧接によつて一体化させたものである。

これらの複合導電線によれば、鋼の引張強度が高く、またAlの導電率が高いから、全体として引張強度および導電率を共に高めることができる。しかしながら鋼線は単位長さ当りの重量が大きく、かつ線膨張率が大きいため、従来のアルミ被鋼線やアルモウエルド線では、重量および線膨張率が大きく、したがって例えば架空線やトロリー線として用いた場合には、弛度が大きくなつて経済的に不利となるなどの問題があつた。

この発明は上記従来の問題を解決し、引張強度および導電率が共に優れ、かつ軽量で線膨張率の小さい複合導電線を得る方法を提供することを目

的とするものである。

問題点を解決するための手段

この発明は上記の目的を達成するために、炭素繊維を心線とする複合導電線を次のようにして製造することとした。すなわち、この発明の炭素繊維複合導電線の製造方法は、炭素繊維からなる心線を、良導体金属からなる溶融金属中に連続的に浸漬させてその溶融金属を心線の外周上に付着させ、続いて心線外周上の溶融金属を冷却凝固させた後、引抜きダイスに通して引抜き加工を施し、これにより断面積比で炭素繊維が21%以上を占める炭素繊維複合導電線を得ることを特徴とするものである。

作 用

この発明の方法により得られる炭素繊維複合導電線は、炭素繊維からなる心線の外周上に良導体金属からなる導体層が形成されたものとなる。ここで、炭素繊維はその引張強度が高く、したがって複合導電線全体としても高い引張強度を得ることができる。また炭素繊維はその線膨張係数が小さく、したがって複合導電線全体としても線膨張係数を小さくすることができる。特に従来の通常のアモウエルド線と比較した場合、炭素繊維の割合（断面積比）を21%以上とすることによって、アモウエルド線よりも線膨張係数を小さくすることができる。さらに炭素繊維は軽量であるため、複合導電線としてもその軽量化を図ることができる。

またこの発明の製造方法では、炭素繊維からなる心線の上に良導体金属からなる溶融金属を単に付着、凝固させるだけではなく、凝固後に引抜きダイスにより引抜き加工を施している。このように引抜き加工を施すことにより、表面の導体層に加工硬化が与えられ、強度向上が図られる。さらにその引抜き加工によって、導体層と心線との間が密着され、かつ心線の表面付近の微細な凹部にも導体金属が充分に充填され、その結果、導体層と心線とが強固に一体化されて、複合導電線全体としての強度向上に寄与する。

実施例

第1図にこの発明の方法により得られた炭素繊維複合導電線1の一例を示す。この炭素繊維複合導電線1は、炭素繊維からなる心線2の外周に導体層3を形成した構成となつてゐる。ここで、心

線2をなす炭素繊維は直径数 $\mu m$ の長繊維を多数本束ねたものである。また導体層3は良導体金属からなるものであつて、用途によつて各種の金属を使用でき、例えばアルミニウムや銅あるいは鋼によつて導体層3を形成することができる。さらに心線2と導体層3との割合（断面積比）については、一般的な傾向としては、心線2の割合が増えれば、引張強度が増大するとともに、重量が減少しかつ線膨張係数が小さくなり、逆に導体層3の割合が増えれば、導電率が大きくなる。

ここで、導体層としてアルミニウムを用いた炭素繊維複合導電線1をアモウエルド線に置換して使用する場合について具体的に説明すると、炭素繊維複合導電線1の引張強度および線膨張係数と炭素繊維の割合との関係は第2図に示す通りである。先ず引張強度についてみると、炭素繊維の割合が61%を越えれば、アモウエルド線よりも引張強度が大きくなる。また線膨張係数については、炭素繊維の割合が21%を越えれば、アモウエルド線の線膨張係数よりも小さい値になる。したがって特に架空線、トロリー線としてその高温時の弛度の増加を少なくするためには、炭素繊維の割合を21%以上とすることが必要である。

第1表は炭素繊維（ $8\mu m \times 61900$ 本）の割合を75%とし、アルミ導体層を25%とした炭素繊維複合線材と、直径1.98mmの鋼線に0.16mm厚のアルミ層を形成したアモウエルド線および直径2.3mmの硬アルミ線との特性を比較して示す表である。

第 1 表

	引張強度 (kg)	重量 (kg/km)	線膨張係数
炭素繊維 複合線材	704	8.5	$2.3 \times 10^{-6}$
アモウ エルド線	569	27.38	$13.2 \times 10^{-6}$
硬アルミ 線	78.9	11.22	$24 \times 10^{-6}$

第1表に示すように、炭素繊維75%の炭素繊維—アルミ複合線材にあつては、アモウエルド線に比較して引張強度を1.24倍に増大し、重量を31%、線膨張係数を17%にそれぞれ低下させることができる。

この発明の炭素繊維複合導電線1の製造方法の

概略を第3図に示す。第3図に示すように、炭素繊維を束ねてなる心線2を送り出し装置4から熔融金属槽5内にその上方から連続的に挿入させ、その熔融金属槽5内の良導体金属からなる熔融金属6を心線2の外周に付着させる。そして熔融金属6が付着した心線2を熔融金属槽5の底部から下方へ連続的に引出し、冷却帯7でその熔融金属6を冷却凝固させる。続いて引抜きダイス8に通して引抜き加工を施すことにより、所定寸法に仕上げる。この引抜き加工によって導体層3に加工\*

\*硬化が与えられるとともに、心線2と導体層3との密着性や充填度が高められる。

なおこの発明は、炭素繊維とアルミとを複合させる場合以外に、導体層3を銅によつて形成することにより、炭素繊維-銅複合導電線を得る場合に適用してもよく、あるいは導体層3を鋼によつて形成することにより、炭素繊維-鋼複合導電線を得る場合に適用してもよい。これらの各種複合導電線の諸特性を、各々に対応する従来の線材と比較し第2表に示す。

第 2 表

	引張強度(kg)	重量(kg/km)	線膨張係数
硬銅線	185	36.9	$16.5 \times 10^{-6}$
炭素繊維(30%)—銅複合線(70%)	403	28.3	$8.98 \times 10^{-6}$
溝付硬銅トロリー線 (150mm <sup>2</sup> )	5240	1340	$16.5 \times 10^{-6}$
炭素繊維(20%)—銅複合トロリー線(80%)	11950	1130	$11.1 \times 10^{-6}$
硬鋼線	519	32	$12 \times 10^{-6}$
炭素繊維(70%)—銅複合線(30%)	794	1701	$3.4 \times 10^{-6}$

第2表に示すようにこの発明の方法により得られた炭素繊維複合導電線では、引張強度、重量、線膨張係数の諸特性が極めて優れていることが認められる。

#### 発明の効果

以上の説明から明らかなようにこの発明により得られた複合導電線は、炭素繊維からなる心線の外周に良導体金属からなる導体層が形成され、特に炭素繊維の断面積比が21%以上とされたものであるから、線膨張係数が小さく、したがって架空線やトロリー線として使用した場合にその高温時における弛度の増加を小さくすることができる。さらにこの発明の方法により得られた複合導電線は、引張強度に優れているとともに軽量の線材とすることができ、さらには導電率を充分高くすることができる。そしてまたこの発明の製造方法で

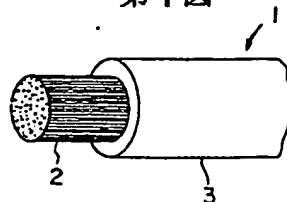
は、単に炭素繊維の外周上に良導体金属からなる熔融金属を付着・凝固させるばかりでなく、付着・凝固に引続いて引抜き加工に施すため、導体層を心線に対し充分に密着させることができるとともに、心線表面の微小な凹部にも導体金属を充分に充填させることができ、そのため導体層と心線が強固に一体化され、複合導電線全体としての強度を充分に向上させることができる。

#### 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の方法により得られた複合導電線の一例を示す部分斜視図、第2図は炭素繊維の割合と引張強度および線膨張係数との関係を示す線図、第3図はこの発明の製造方法を説明するための概略図である。

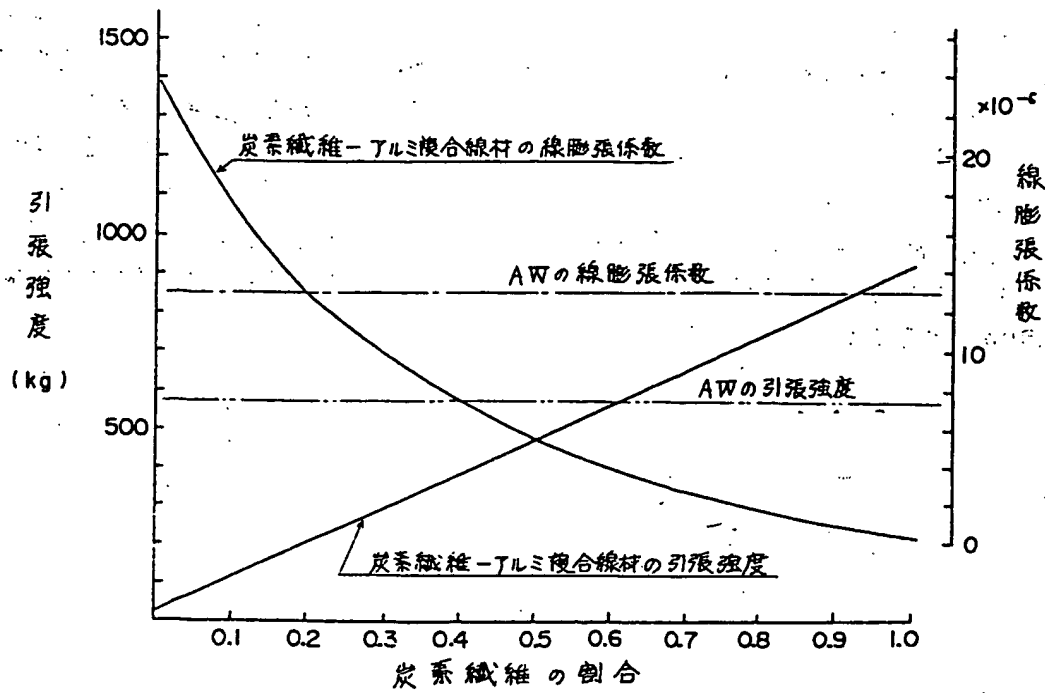
1……炭素繊維複合導電線、2……心線、3……導体層。

第1図

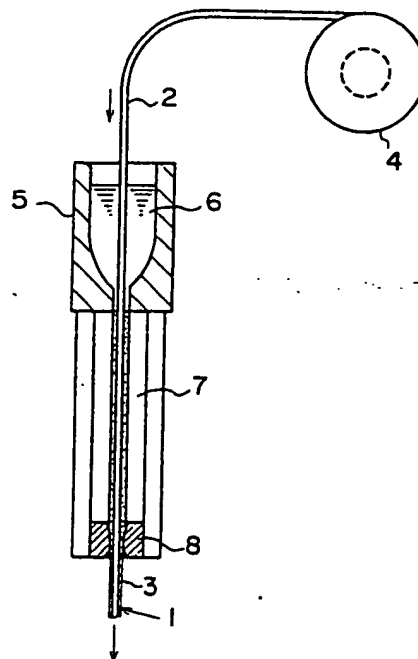




第2図

 $V_F$ 

第3図



BEST AVAILABLE COPY